

TREIBHAUSGASBILANZ

INHALTSVERZEICHNIS

QUELLENVERZEICHNIS	2
1. Treibhausgasbilanz (THG-Bilanz)	3
2. Betrachtungszeitraum	3
3. Umweltindikator: Globales Erwärmungspotential	4
4. Untersuchungsrahmen	4
5. Sachbilanz	6
6. Wirkungsabschätzung	8
7. Auswertung	9
Anhang: Berechnungstabellen für sämtliche Maßnahmen und Zusammenstellungen der Bilanzergebnisse	

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Untersuchungsrahmen der Studie	5
Tabelle 2: Zusammenstellung der Bilanzergebnisse	10
Tabelle 3: Zusammenstellung der Bilanzergebnisse nach Materialien	10
Tabelle 4: Zusammenstellung der Bilanzergebnisse nach Maßnahmen	11

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Betrachtete Lebenszyklusphasen im Rahmen der Bilanz [3]	4
Abbildung 2: Zusammensetzung des Gesamtreibhauspotentials	4
Abbildung 3: Volumenaufteilung der Baumaßnahme	7
Abbildung 4: Massenaufteilung der Baumaßnahme	7
Abbildung 5: Gesamtreibhauspotential der Baumaßnahme in der Herstellung (A) und Entsorgung (C)	9
Abbildung 6: Recyclingpotential (D) der verbauten Materialien	9

QUELLENVERZEICHNIS

- [1] DIN EN ISO 14040:2006 + A1:2020 – Umweltmanagement – Ökobilanz – Grundsätze und Rahmenbedingungen. Ausgabe Februar 2021.
- [2] DIN EN ISO 14044:2006 + A1:2018 + A2:2020 – Umweltmanagement – Ökobilanz – Anforderungen und Anleitungen. Ausgabe Februar 2021.
- [3] DIN EN 15643:2021-12 – Nachhaltigkeit von Bauwerken – Allgemeine Rahmenbedingungen zur Bewertung von Gebäuden und Ingenieurbauwerken. Ausgabe Dezember 2021.
- [4] DIN EN 15804:2022-03 – Nachhaltigkeit von Bauwerken – Umweltdeklarationen – Grundregeln für die Produktkategorie Bauprodukte. Ausgabe März 2022
- [5] Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen: ÖKOBAUDAT – Informationsportal Nachhaltiges Bauen. <https://www.oekobaudat.de/>.
- [6] Internationales Institut für Nachhaltigkeitsanalysen und -strategien: Globales Emissions-Modell Integrierter Systeme (GEMIS). Basisversion GEMIS 5.1. <https://www.umweltbundesamt.at/angebot/leistungen/angebot-cfp/gemis>.
- [7] Umwelt Bundesamt; Internationales Institut für Nachhaltigkeitsanalysen und -strategien: Prozessorientierte Basisdaten für Umweltmanagementsysteme (ProBas). Umwelt Bundesamt; Internationales Institut für Nachhaltigkeitsanalysen und -strategien, <https://www.probas.umweltbundesamt.de>.
- [8] Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren (KBOB), ecobau, Interessengemeinschaft privater professioneller Bauherren: Ökobilanzdaten im Baubereich. <https://www.ecobau.ch/de/instrumente/oekobilanzen>.

1. Treibhausgasbilanz (THG-Bilanz)

Im Rahmen einer Treibhausgasbilanzbilanz werden Möglichkeiten gefunden, Umwelteigenschaften von Produkten über ihren gesamten Lebensweg zu bestimmen und zu verbessern. Eine solche Bilanzierung kann als Hilfestellung beispielsweise in der strategischen Planung, Prioritätensetzung, Produkt- oder Prozessentwicklung oder Neuentwicklung dienen. Außerdem können relevante Indikatoren der Umwelteigenschaften, sowie deren Messverfahren bestimmt werden. Unter anderem sind somit neben Umweltaussagen auch Implementierungen von Umweltkennzeichnungen und Umweltdeklarationen von Produkten erstellbar.

Im Rahmen einer Bilanzierung werden die wichtigsten Umweltaspekte und möglichen Umweltauswirkungen eines Produktes über den gesamten Lebenszyklus von der Rohstoffgewinnung bis zur endgültigen Beseitigung betrachtet. In dieser Berechnung wird ein Produkt über seinen gesamten Lebensweg betrachtet. Das beinhaltet die Rohstoffgewinnung und -erzeugung über die Energieerzeugung und Materialherstellung bis zur Anwendung, Abfallbehandlung und endgültigen Beseitigung. Dadurch können die größten Umweltbelastungen in bestimmten Abschnitten im Lebenszyklus eines Produktes identifiziert und eventuell vermindert werden.

2. Betrachtungszeitraum

Abbildung 1 zeigt sämtliche Lebenszyklusphasen eines Bauwerks, die in rot markierten Phasen wurden in der erstellten Bilanzierung berücksichtigt. Betrachtet wurden somit die Herstellungsphase (Modul A1-3), die Errichtungsphase (Modul A4-5), die Entsorgungsphase (Modul C1-4) sowie das Recyclingpotential (Modul D). Die Wahl der bilanzierten Module hängt zum einen mit der vorhandenen Datengrundlage in den Datenbanken zusammen und zum anderen mit dem gewählten Betrachtungszeitraum von rund 50 Jahren, in dem voraussichtlich nahezu keine Austausch- oder Modernisierungsmaßnahmen zu erwarten sind. Schließlich kann mit den markierten Lebenszyklusphasen der Großteil der anfallenden Emissionen an Spurengasen abgebildet werden.

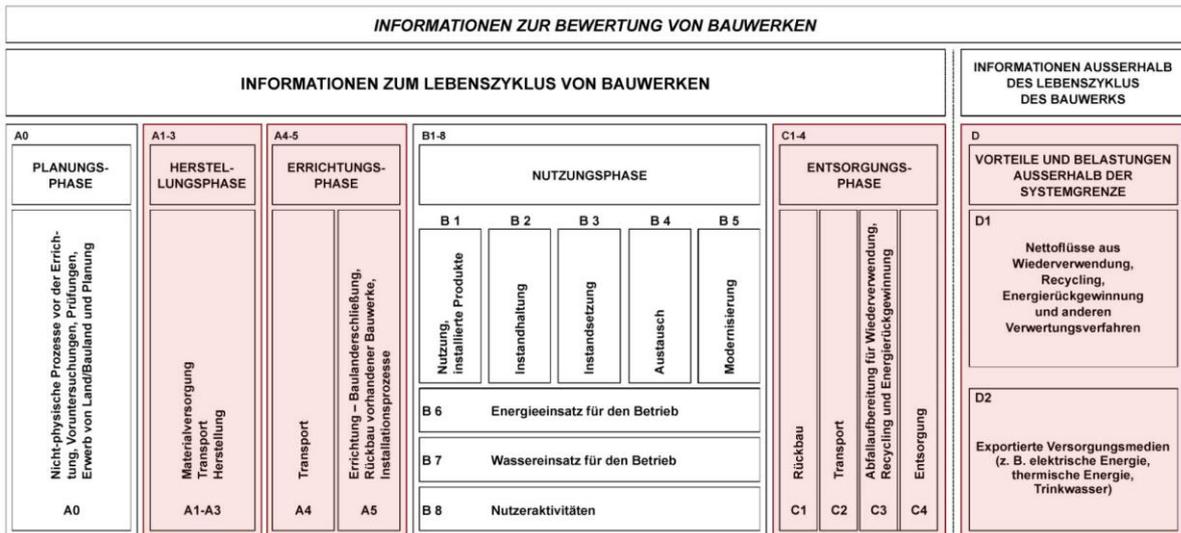


Abbildung 1: Betrachtete Lebenszyklusphasen im Rahmen der Bilanz [3]

3. Umweltindikator: Globales Erwärmungspotential

Das Globale Erwärmungspotential (GWP, eng.: Global Warming Potential) ist ein Faktor, der die Wirkung der verstärkten Strahlung einer massebezogenen Einheit eines bestimmten Treibhausgases in Bezug auf eine äquivalente Einheit von Kohlenstoffdioxid über einen bestimmten Zeitraum beschreibt. Es werden also sämtliche freigesetzte Treibhausgase zusammengefasst abgebildet. Das GWP lässt sich in das fossile und das biogene Treibhauspotential sowie das Treibhauspotential aus Landnutzung und deren Veränderung aufteilen. (Abbildung 2)

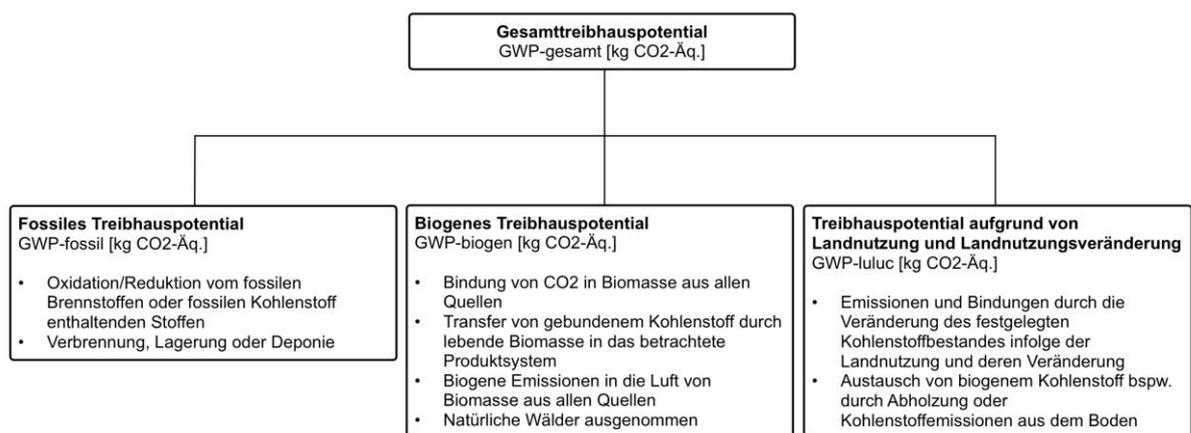


Abbildung 2: Zusammensetzung des Gesamttreibhauspotentials

4. Untersuchungsrahmen

Tabelle 1 listet sämtliche relevante Informationen zum Untersuchungsrahmen der Bilanzierung auf.

Tabelle 1: Untersuchungsrahmen der Studie

<p>Systemgrenzen</p>	<p>Geographischer Bezug (Datenbanken)</p> <p>Deutschsprachiger Raum, vor allem Deutschland</p> <p>Zeitlicher Bezug</p> <p>cradle to grave mit Optionen (Module A, C & D)</p> <p>Betrachtungszeitraum: 50 Jahre</p> <p>Die Ökobilanzierung umfasst sämtliche Lebenszyklen von der Herstellung inklusive Vorketten (Gewinnung, Aufbereitung, Transport) über den Transport zur Baustelle, Einbau bis hin zum Rückbau beziehungsweise Abbruch der Infrastruktur.</p>
<p>Gewählte Wirkungskategorie</p>	<p>Umweltauswirkung</p> <p>Globales Erwärmungspotential - GWP, kg CO₂-Äq.</p>
<p>Datengrundlage zum Bauvorhaben</p>	<p>Planunterlagen aus der Genehmigungsphase</p> <p>Massenermittlungen als Grundlage für die Kostenberechnung</p> <p>Informationen der zuständigen Planer</p>
<p>Funktionale Einheit</p>	<p>Eine Funktionale Einheit bietet eine eindeutige Zuordenbarkeit der Bilanzergebnisse und sorgt für Vergleichbarkeit zwischen Baumaßnahmen.</p> <p>Die Funktion des Produktsystems ist die Entwässerung der Verkehrsfläche. Somit ergibt sich die funktionale Einheit zu m² Verkehrsfläche (kg CO₂-Äq. / m² Verkehrsfläche).</p>
<p>Datengrundlage zur Bilanzierung</p>	<p>Datenbanken aus dem deutschsprachigen Raum:</p> <p>ÖKOBAUDAT, GEMIS und KBOB-Liste</p>
<p>Auswertung</p>	<p>Betrachtung der einzelnen Maßnahmen</p> <p>Getrennte Betrachtung der Lebenszyklusphasen (A1-A3, A4-A5, C, D)</p> <p>Vergleich der Baumaterialien</p>
<p>Annahmen</p>	<p>Einige Transportwege von Baustoffen können nicht exakt angegeben werden. Hier wurden sinnvolle Annahmen getroffen, sofern keine Informationen vorhanden waren, oder nicht schon Annah-</p>

	<p>men in den Datensätzen vorhanden waren.</p> <p>Für die Transportwege von Aushubmaterial wurden 25 km angenommen. Für diesen Wert wurden die drei nächstgelegenen Kieslieferanten ermittelt.</p> <p>Verfüllungen und sonstige ungebundene Baustoffgemische bleiben nach dem Betrachtungszeitraum zum Großteil im Boden und werden nicht vollständig entsorgt. Die Umweltwirkungen in den Modulen C und D wurden deshalb mit 5 % angenommen.</p> <p>Für den verwendeten Naturstein wurde der entsprechende Datensatz aus dem GEMIS entnommen. Hier wird nur die Herstellung (Phasen A1 bis A3) angegeben. Die restlichen Lebenszyklusphasen werden mit dem Datensatz für Granitsteinplatten aus der ÖKOBAUDAT ergänzt.</p> <p>Die verbauten Rohrleitungen wurden mit einem Formstückzuschlag versehen. Die Werte kommen durch eine überschlägige Berechnung von Rohrlängen und Anzahl an Formteilen zustande.</p> <p>Für den verwendeten Stahlbeton wird ein Bewehrungsanteil von 170 kg / m³ angenommen.</p>
--	---

5. Sachbilanz

In der THG-Bilanz wird die erneuerte Verkehrsfläche mit dem Asphaltaufbau und den darunter liegenden Schichten betrachtet. Außerdem werden sämtliche Produkte für die Entwässerungseinrichtungen, wie Schachtbauwerke, Rohrleitungen und den zugehörigen Materialien im Rohrgraben, Natursteinen, Filterschichten und Dichtungsbahnen berücksichtigt. Ebenfalls einberechnet wird der Abbruch bestehender Infrastruktur. Schließlich wird der sonstige Erdbau gesondert betrachtet.

Insgesamt werden beim Bau der Entwässerungsanlagen über 23.580 m³ (Abbildung 3) oder 41.350 t (Abbildung 4) an Material bewegt beziehungsweise verbaut. Mit jeweils rund 80 % nimmt der Erdbau dabei den Großteil des Volumens und der Masse ein. In den jeweiligen Maßnahmen werden zwischen 1.400 m³ (Maßnahme 17) und 3.325 m³ (Maß-

nahme 27) allein im Erdbau bewegt. Die ungebundenen Baustoffgemische nehmen volumen- und massentechnisch etwa 17,5 % ein. Dazu gehören die Filter-, Frostschutz oder Ausgleichsschichten. Der in den Schachtbauwerken und Treppen verwendete Stahlbeton nimmt etwa 1 % des Volumens und der Masse ein.

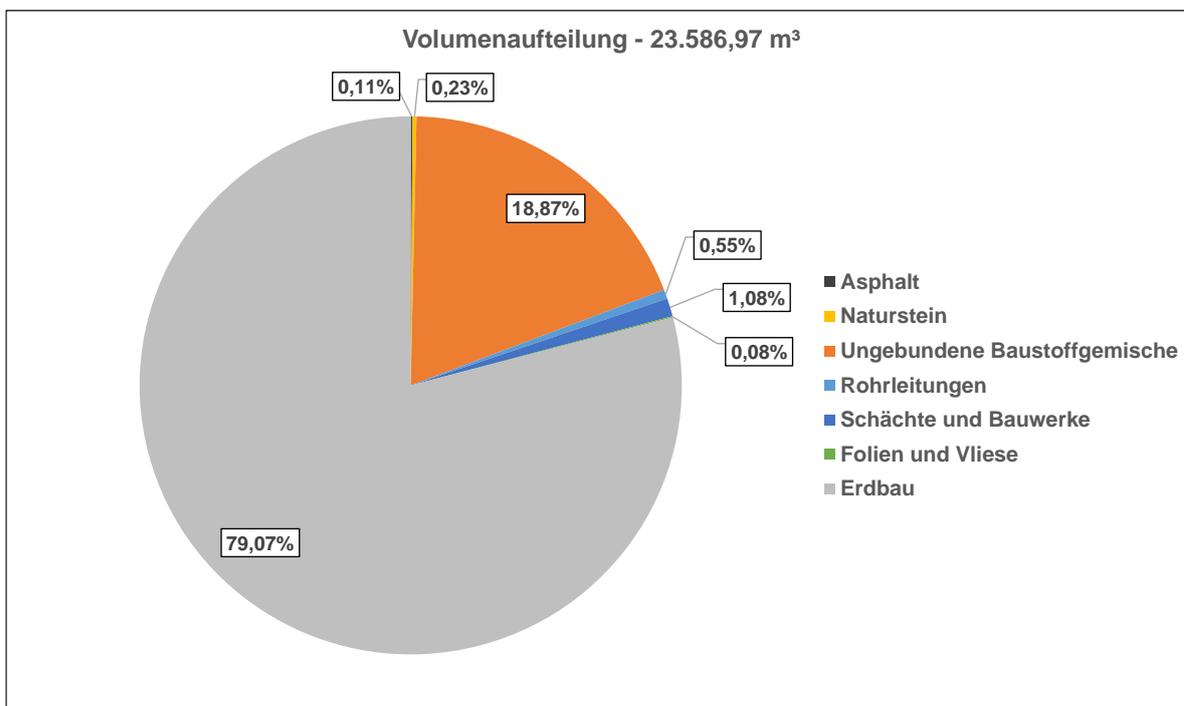


Abbildung 3: Volumenaufteilung der Baumaßnahme

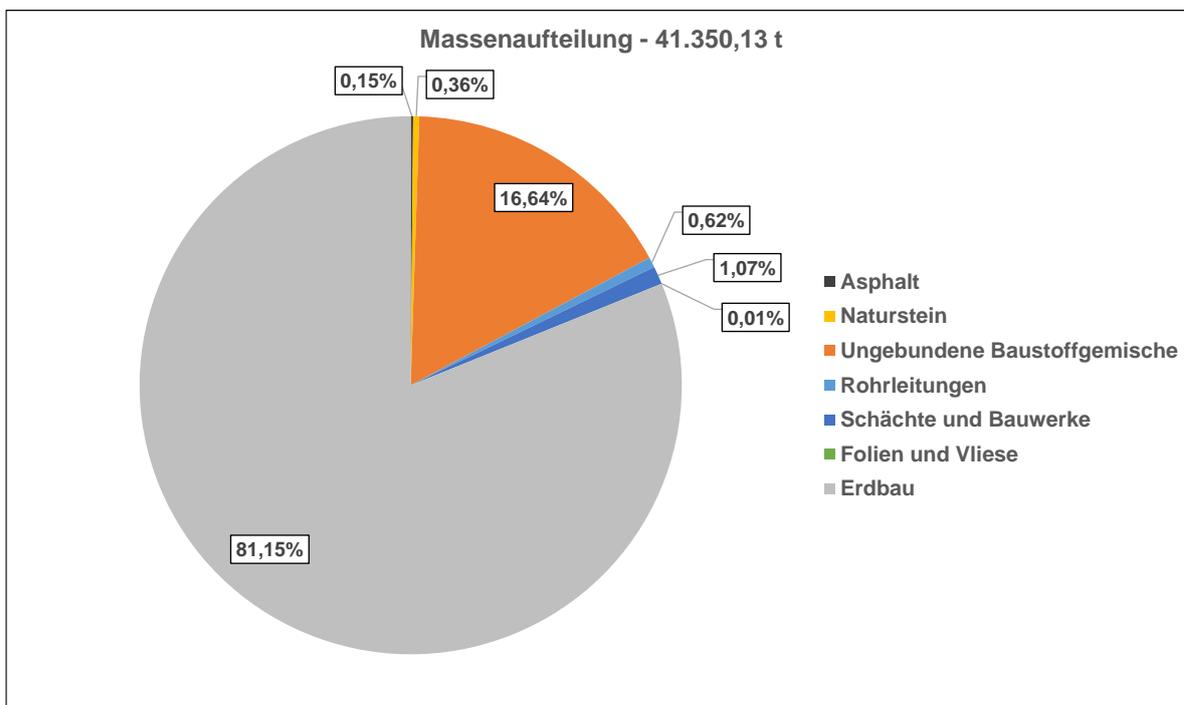


Abbildung 4: Massenaufteilung der Baumaßnahme

6. Wirkungsabschätzung

Das in Abbildung 5 dargestellte Diagramm zeigt die zu erwartenden Treibhausgasemissionen der Entwässerungsmaßnahmen am Kindinger Berg in der Herstellung (Phase A) und Entsorgung (Phase C) der verwendeten Materialien. Insgesamt fallen im Verlauf des Betrachtungszeitraums nahezu 414 t CO₂-Äquivalente an. Über 91 % dieser Emissionen hängen mit der Herstellung der Materialien und der Errichtung der Maßnahmen zusammen. Über 45 % des GWPs können auf den Erdbau zurückgeführt werden (187 t CO₂-Äq.). Darauf folgen die Rohrleitungen aus Stahlbeton und Polypropylen mit einem Anteil von 14,6 % und sämtliche ungebundene Baustoffgemische mit 13,6 % des Treibhausgaspotentials. Schächte und sonstige Bauwerke aus Stahlbeton nehmen rund 13,5 % der zu erwartenden THG-Emissionen ein. Bei den Emissionen im Erdbau ist jedoch zu erwähnen, dass diese größtenteils durch die Entsorgung beziehungsweise Verwertung des Aushubes zustande kommen. Schließlich wird die Entsorgung bestehender Infrastruktur den Phasen A4 und A5 zugeordnet.

In der Entsorgung sind vor allem die geplanten Rohrleitungen mit erhöhten Umweltwirkungen verbunden (16,3 t CO₂-Äq.). 11,7 t an Spurengasen in der Entsorgung sind dabei allein auf die 90 m an PP-Rohren in Maßnahme 16 zurückzuführen. Auch durch die verwendeten Folien und Vliese entstehen im Modul C vermehrt THG-Emissionen (11,6 t CO₂-Äq.).

Das Recyclingpotential (Modul D) der Baustoffe ist in einem gesondertem Kreisdiagramm dargestellt (Abbildung 6 **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Das größte Einsparpotential besteht beim Erdbau. Durch die Wiederverwendung des Aushubmaterials können über 26 t CO₂-Äq. eingespart werden. Weitere Recyclingpotentiale bieten vor allem die Rohrleitungen (8 t CO₂-Äq.) sowie der verwendete Beton in den Schächten und Bauwerken als auch Folien und Vliese (jeweils 4 t CO₂-Äq.).

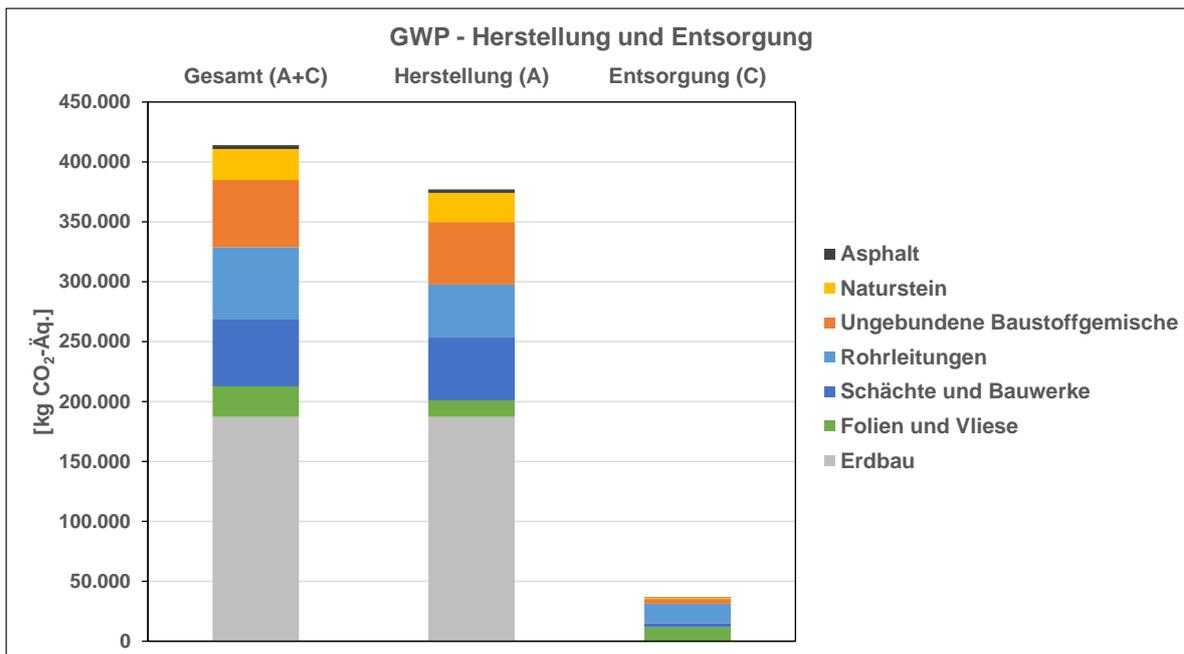


Abbildung 5: Gesamttreibhauspotential der Baumaßnahme in der Herstellung (A) und Entsorgung (C)

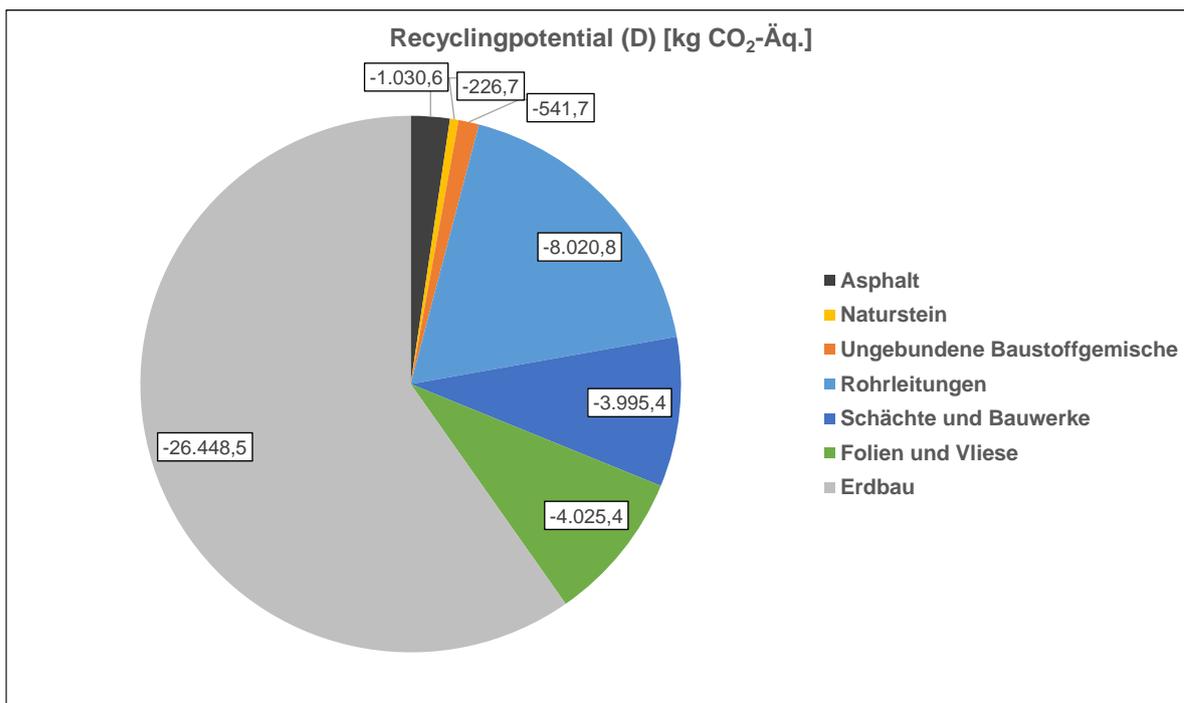


Abbildung 6: Recyclingpotential (D) der verbauten Materialien

7. Auswertung

Die nachfolgenden Tabellen 2 bis 4 stellen die Ergebnisse der Berechnungen aus der Sachbilanz zusammen. Sämtliche Eingaben und Zwischenergebnisse sind den Berechnungstabellen zu den jeweiligen Maßnahmen im Anhang zu entnehmen. Der Gesamtausstoß von fast 414 t CO₂-Äq. entspricht den Emissionen eines durchschnittlichen deutschen PKWs mit etwa 2.097.000 km Laufleistung.

Ein Großteil der Gesamtemissionen ist auf die Errichtungsphase (Phase A4-A5) der Bau-
maßnahmen zurückzuführen. Dabei ist vor allem die Entsorgung und Verwertung des
Aushubmaterials mit fast 183 t CO₂-Äq. mit hohen Umweltwirkungen verbunden.

Nahezu 162 t CO₂-Äq. hängen mit der Herstellungsphase (Module A1-A3) zusammen.
Hier fallen besonders bei der Produktion der Schächte und sonstigen Bauwerken
(50,8 t CO₂-Äq.) und der Rohrleitungen (43,1 t CO₂-Äq.) Treibhausgase an.

Mit 58,2 t CO₂-Äq. ist Maßnahme 16 die Versickerungsmulde mit dem höchsten GWP.
Dies ist vor allem auf die verbauten Stahlbetonrohre (105 m), die PP-Rohre (90m) und den
benötigten Geschiebeschacht zurückzuführen. Unter den Retentionsbodenfiltern ist Maß-
nahme 27 mit der höchsten Umweltwirkung verbunden (112,7 t CO₂-Äq.). Grundsätzlich
war bei Maßnahme 26 mit ähnlichen Emissionen zu rechnen, hier werden jedoch 1.770 m³
Aushubmaterial nicht entsorgt, sondern zur Maßnahme 25 transportiert und wiedereinge-
baut. Besonders in dieser Position werden THG-Emissionen eingespart. Pro m² entwäs-
serter Verkehrsfläche ist deshalb bei Maßnahme 27 neben Maßnahme 16 mit den höchst-
en THG-Emissionen zu rechnen.

Tabelle 2: Zusammenstellung der Bilanzergebnisse

Volumen [m ³]	Masse [t]	Lebenszyklusphase [kg CO ₂ -Äq.]				GWP (A1-C4) [kg CO ₂ -Äq.]	GWP [kg CO ₂ -Äq.] pro m ² Verkehrsfläche
		A1-A3	A4-A5	C	D		
23.586,97	41.350,13	161.909,19	215.181,18	36.778,11	-44.289,17	413.868,47	4,58

Tabelle 3: Zusammenstellung der Bilanzergebnisse nach Materialien

Material	Volumen [m ³]	Masse [t]	Lebenszyklusphase [kg CO ₂ -Äq.]				GWP (A1-C4) [kg CO ₂ -Äq.]	GWP-Anteil gesamt	GWP [kg CO ₂ -Äq.] pro m ² Verkehrsfläche (gesamt)
			A1-A3	A4-A5	C	D			
Asphalt	25,79	60,60	2.577,18	362,80	225,43	-1.030,64	3.165,41	0,76%	0,03
Naturstein	55,38	149,53	22.610,48	1.824,89	1.320,90	-226,73	25.756,27	6,22%	0,28
Ungebundene Baustoffgemische	4.449,25	6.878,83	24.793,81	27.375,76	3.974,76	-541,71	56.144,33	13,57%	0,62
Rohrleitungen	129,94	254,95	43.103,43	1.009,77	16.298,13	-8.020,81	60.411,32	14,60%	0,67
Schächte und Bauwerke	255,55	444,41	50.781,56	1.643,65	3.367,00	-3.995,37	55.792,21	13,48%	0,62
Folien und Vliese	18,05	5,81	13.819,72	6,98	11.591,89	-4.025,41	25.418,58	6,14%	0,28
Erdbau	18.640,00	33.552,00	4.223,01	182.957,34	0,00	-26.448,51	187.180,35	45,23%	2,07

Tabelle 4: Zusammenstellung der Bilanzergebnisse nach Maßnahmen

Maßnahme	Volumen [m³]	Masse [t]	Lebenszyklusphase [kg CO ₂ -Äq.]				GWP (A1-C4) [kg CO ₂ -Äq.]	GWP-Anteil gesamt	GWP [kg CO ₂ -Äq.] pro m² Verkehrsfläche (Maßnahme)
			A1-A3	A4-A5	C	D			
Maßnahme 16	1.902,88	3.399,93	20.255,93	25.521,17	12.446,83	-10.787,29	58.223,93	14,07%	7,25
Maßnahme 17	1.533,25	2.710,66	1.642,10	14.584,47	131,90	-2.211,03	16.358,47	3,95%	4,21
Maßnahme 18	3.037,00	5.409,92	627,54	33.847,05	106,87	-5.015,60	34.581,46	8,36%	5,99
Maßnahme 19	2.286,00	4.047,07	953,15	22.082,25	130,65	-3.062,69	23.166,05	5,60%	3,72
Maßnahme 20	2.170,85	3.863,27	3.103,26	22.376,43	252,56	-3.973,82	25.732,25	6,22%	5,18
Maßnahme 25	3.389,89	5.827,31	37.684,39	17.265,71	7.345,77	-3.364,94	62.295,87	15,05%	3,74
Maßnahme 26	4.588,07	7.912,37	45.770,11	26.432,12	8.633,50	-5.498,83	80.835,74	19,53%	2,75
Maßnahme 27	4.679,04	8.179,60	51.872,71	53.071,98	7.730,03	-10.374,97	112.674,71	27,22%	7,24

Der Bilanzersteller.
Planegg, den 25.09.2023

WipflerPLAN•Köpf Planungsgesellschaft mbH
M.Sc. Regina Hausner
M.Sc. Josef Goldbrunner